

Die Beziehungen  
zwischen Fahrradergometrie  
und Koronarangiographie  
unter besonderer Berücksichtigung  
bestimmter EKG-Kriterien

Ursula Schröder

*Duss  
München  
1984*





Digitized by the Internet Archive  
in 2026

[https://archive.org/details/IA41554004\\_0099](https://archive.org/details/IA41554004_0099)



Aus der Stiftsklinik Augustinum zu  
München

Chefarzt: Prof. Dr. D. Michel

Die Beziehungen zwischen Fahrradergometrie  
und Koronarangiographie unter besonderer  
Berücksichtigung bestimmter EKG-Kriterien.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der  
gesamten Medizin  
an der Ludwig Maximilians-Universität  
zu München

Vorgelegt von

Ursula Schröder  
aus München

1982

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. D. Michel

Mitberichterstatter: Prof. Dr. E. Buchborn

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 27.11.1984

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. D. Michel, Chefarzt der Inneren Abteilung der Stiftsklinik Augustinum, sowie Herrn Dr. G. Alber, ehemaliger Oberarzt der Inneren Abteilung der Stiftsklinik Augustinum für die Überlassung des Themas, für die kritische Durchsicht des Entwurfs der Dissertation, sowie für die freundliche und wertvolle Unterstützung bei der Erstellung dieser Arbeit.

Ebenfalls danken möchte ich den Herren Dirschedl und Geiger vom Institut für medizinische Informationsverarbeitung, Statistik und Biomathematik der Universität München für ihre wertvolle Hilfe bei der statistischen Auswertung.



## Inhaltsverzeichnis

|        |                                                                 |    |
|--------|-----------------------------------------------------------------|----|
| 1.     | Einleitung                                                      | 1  |
| 1.1.   | Zielsetzung                                                     | 1  |
| 1.2.   | Patientengut                                                    | 2  |
| 2.     | Untersuchungsmethoden                                           | 3  |
| 2.1.   | Belastungs-EKG                                                  | 3  |
| 2.2.   | Koronarangiographie                                             | 4  |
| 3.     | Auswertekriterien                                               | 5  |
| 3.1.   | Belastungs-EKG                                                  | 5  |
| 3.1.1. | Paradoxe Belastungsreaktion                                     | 5  |
| 3.1.2. | Pathologische Belastungsreaktion<br>bei pathologischem Ruhe-EKG | 6  |
| 3.1.3. | Pathologische Spätreaktion                                      | 6  |
| 3.1.4. | Pathologisch ascendierende ST-Senkung                           | 7  |
| 3.1.5. | Pathologische Belastungsreaktion<br>bei normalem Ruhe-EKG       | 7  |
| 3.1.6. | Außenschichtschaden                                             | 8  |
| 3.1.7. | Linksschenkelblock unter Belastung                              | 8  |
| 3.2.   | Koronarangiographie                                             | 9  |
| 3.3.   | Statistik                                                       | 10 |
| 4.     | Ergebnisse                                                      | 11 |
| 4.1.   | Gesamtkollektiv                                                 | 11 |
| 4.2.   | Unterschiede zwischen Männern<br>und Frauen                     | 13 |
| 4.3.   | Unterschiede zwischen den<br>einzelnen Untergruppen             | 15 |
| 4.3.1. | Paradoxe Belastungsreaktion                                     | 15 |
| 4.3.2. | Pathologische Belastungsreaktion<br>bei pathologischem Ruhe-EKG | 15 |
| 4.3.3. | Pathologische Spätreaktion                                      | 15 |
| 4.3.4. | Pathologisch ascendierende ST-Senkung                           | 16 |
| 4.3.5. | Pathologische Belastungsreaktion<br>bei normalem Ruhe-EKG       | 16 |

|          |                                                                                        |    |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3.1.1. | Statistik zu 4.3.; hier: > 50 %ige Stenose, Gesamtkollektiv                            | 23 |
| 4.3.1.2. | Statistik zu 4.3.; hier: > 50 %ige Stenose, männliche Patienten                        | 24 |
| 4.3.1.3. | Statistik zu 4.3.; hier: > 75 %ige Stenose, Gesamtkollektiv                            | 25 |
| 4.3.1.4. | Statistik zu 4.3.; hier: > 75 %ige Stenose, männliche Patienten                        | 26 |
| 4.3.1.5. | Statistik zu 4.3.; hier: > 99 %ige Stenose, Gesamtkollektiv                            | 27 |
| 4.3.1.6. | Statistik zu 4.3.; hier: > 99 %ige Stenose, männliche Patienten                        | 28 |
| 4.4.     | Unterschiede zwischen 1-, 2- und 3-Gefäßerkrankungen und der Lokalisation des Befalls  | 29 |
| 4.4.1.   | Gesamtkollektiv                                                                        | 29 |
| 4.4.2.   | Paradoxe Belastungsreaktion                                                            | 33 |
| 4.4.3.   | Pathologische Belastungsreaktion bei pathologischem Ruhe-EKG                           | 33 |
| 4.4.4.   | Pathologische Spätreaktion                                                             | 34 |
| 4.4.5.   | Pathologisch ascendierende ST-Senkung                                                  | 34 |
| 4.4.6.   | Pathologische Belastungsreaktion bei normalem Ruhe-EKG                                 | 35 |
| 4.4.1.1. | Statistik zu 4.4.; hier: Unterschiede zwischen den EKG-Gruppen bei > 50 %-iger Stenose | 39 |
| 4.4.1.2. | Statistik zu 4.4.; hier: Unterschiede zwischen den EKG-Gruppen bei > 75 %-iger Stenose | 40 |
| 4.4.1.3. | Statistik zu 4.4.; hier: Unterschiede zwischen den EKG-Gruppen bei > 99 %-iger Stenose | 41 |
| 5.       | Diskussion                                                                             | 42 |
| 5.1.     | Patientengut                                                                           | 42 |
| 5.2.     | Ergebnisse                                                                             | 43 |
| 6.       | Literatur                                                                              | 45 |
|          | Zusammenfassung                                                                        |    |
|          | Lebenslauf                                                                             |    |

## 1. Einleitung

### 1.1. Zielsetzung

Eine Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen des Belastungs-EKG's und der Koronarangiographie wird mit den Begriffen Sensitivität (%-Satz der Fälle mit positivem Koronarangiogramm, die auch ein positives Belastungs-EKG haben) und Spezifität (%-Satz der Fälle mit negativem Koronarangiogramm, die auch ein negatives Belastungs-EKG haben) charakterisiert (6,11,16, 17,20,21).

Ausgehend vom positiven Belastungs-EKG soll mit dieser Arbeit versucht werden, zwei Fragen einer Klärung näherzubringen:

1. Kann über das Ischämie-Kriterium "ST-Senkung" (1, 3,11,15,16,20,23,24) hinaus durch weitere Differenzierung des Belastungs-EKG's die Sensitivität (s.o.) desselben verbessert und damit die Indikationsstellung zur Koronarangiographie erleichtert werden?
2. Besteht durch diese Differenzierung die Möglichkeit, eine Aussage über die Anzahl der betroffenen Gefäße (3,17,20,21) sowie über die Lokalisation und den Schweregrad (1,3) der wirksamen Stenose(n) zu treffen?

## 1.2. Patientengut

Unter den von Juli 1977 bis Februar 1981 in der Stiftsklinik Augustinum angiographierten Patienten wurden diejenigen in die Studie aufgenommen, für die die folgenden Bedingungen (1,3,9,11,17,20,21) zutrafen:

1. Kein durchgemachter transmuraler Herzinfarkt.
2. Kein postendokarditischer Herzklappenfehler.
3. Kein Digitalis-Präparat drei Wochen vor der Ergometerbelastung;  $\beta$ -Rezeptoren-Blocker wurden zwei Tage, Antiarrhythmika einen Tag, Psychopharmaka einen Tag sowie Nitrate und Nitrite einen Tag vor der Belastungsuntersuchung abgesetzt.
4. Durchführung der Ergometer-Belastung nicht nüchtern und nicht unmittelbar postprandial (23).
5. Erreichen der altersentsprechenden maximalen Ausbelastungsherzfrequenz oder Abbruch wegen schwerer Angina pectoris während der Belastung.

Die Gesamtzahl der Patienten betrug 240, davon waren 198 (82,5 %) Männer und 42 (17,5 %) Frauen.

Das Durchschnittsalter der Männer betrug 48,7 Jahre, das durchschnittliche Alter der Frauen 55,0 Jahre.

201 (83,3 %) der Untersuchten (168 (84,8 %) der Männer und 33 (78,6 %) der Frauen) klagten anamnestisch über pektanginöse Beschwerden.

## 2. Untersuchungsmethoden

### 2.1. Belastungs-EKG

Die Patienten wurden auf dem Fahrradergometer sitzend in aufsteigenden Leistungsstufen, beginnend bei 25 (50) Watt, drehzahlunabhängig belastet, bis sie die altersentsprechende maximale Ausbelastungsherzfrequenz ( $220$  minus Lebensalter in Jahren) erreichten (3,9,15, 17,20,21).

Bei Auftreten heftiger Schmerzen im Sinne einer typischen Angina pectoris wurde die Untersuchung vorzeitig beendet.

Registriert wurden:

1. Vor Belastung im Liegen die Standard-Ableitungen I, II, III und die Brustwandableitungen  $V_2$ ,  $V_4$ ,  $V_5$ .
2. Während Belastung die Brustwandableitung  $V_5$  dauernd am Oszilloskop und einmal pro Minute auf Papier.
3. Nach Belastungsende die Standardableitungen I, II, III und die Brustwandableitungen  $V_2$ ,  $V_4$ ,  $V_5$  sofort, sowie nach jeweils zwei, vier und sechs Minuten.

## 2.2. Koronarangiographie

Die Koronarangiographie wurde nach JUDKINS (8) mit 76 %iger Urografinlösung unter Prämedikation von 1 mg Atropin s.c. und 10 mg Valium<sup>R</sup> i.m. oder 10 mg Psyquil<sup>R</sup> i.m. durchgeführt.

Ein Teil der Patienten erhielt  $\frac{1}{2}$  - 1 Tablette Isoket<sup>R</sup>.

### 3. Auswertekriterien

#### 3.1. Belastungs-EKG

Ausgewertet wurden für unsere Studie folgende morphologische Veränderungen des EKG vor, während oder nach Belastung:

##### 3.1.1. Paradoxe Belastungsreaktion (Gruppe 1)

Hierunter verstanden wir ein in Ruhe pathologisches EKG bezüglich der T-Welle, der ST-Strecke oder beider, das sich während oder kurz nach Belastungsende normalisierte.

##### 1. Paradoxe Belastungsreaktion bezüglich der T-Welle:



##### 2. Paradoxe Belastungsreaktion bezüglich der ST-Strecke:



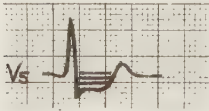
##### 3. Paradoxe Belastungsreaktion bez. T-Welle, ST-Strecke:



### 3.1.2. Pathologische Belastungsreaktion bei pathologischem Ruhe-EKG (Gruppe 2)

Die im Ruhe-EKG horizontale, descendierende oder pathologisch ascendierende ( $\geq 80$  msec nach J-Punkt) ST-Senkung nahm während und/oder nach Belastung zu.

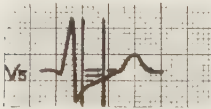
#### 1. Horizontale ST-Senkung:



#### 2. Descendierende ST-Senkung:



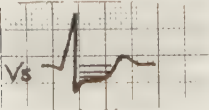
#### 3. Pathologisch ascendierende ST-Senkung:



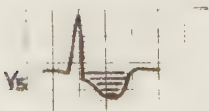
### 3.1.3. Pathologische Spätreaktion (Gruppe 3)

Bei normalem Ruhe-EKG und normalem Verhalten während Belastung zeigten sich ab Beginn der vierten Minute nach Belastungsende koronarinsuffizienztypische Veränderungen im Sinne einer horizontalen oder descendierenden ST-Senkung  $\geq 0,1$  mV.

#### 1. Horizontale ST-Senkung:



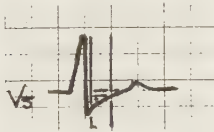
#### 2. Descendierende ST-Senkung:



### 3.1.4. Pathologisch ascendierende ST-Senkung (Gruppe 4)

In dieser Gruppe fand sich eine ascendierende ST-Senkung während Belastung und nach Belastungsende, die 0,08 sec nach dem J-Punkt die Referenzlinie noch nicht erreicht hatte.

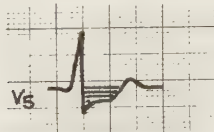
#### 1. Ascendierende ST-Senkung:



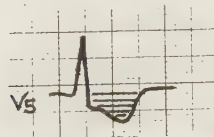
### 3.1.5. Pathologische Belastungsreaktion bei normalem Ruhe-EKG (Gruppe 5)

Hierunter verstanden wir eine Ischämie-Reaktion im "typischen" Sinne (ST-Senkung, horizontal oder descendierend,  $\geq 0,1$  mV (1,3,11,15,16,20,23,24)).

#### 1. Horizontale ST-Senkung:



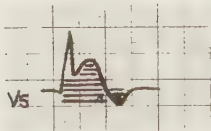
#### 2. Descendierende ST-Senkung:



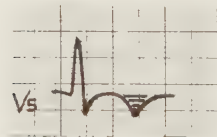
### 3.1.6. Außenschichtschaden (Gruppe 6)

Hierbei bestanden im Ruhe-EKG ein hoher ST-Abgang oder eine konvexförmige ST-Hebung mit negativem T als Zeichen eines frischen Außenschichtschadens oder eine ST-Hebung mit negativem T oder ein negatives T als Zeichen für das Folgestadium eines Außenschichtschadens.

#### 1. Frisch:



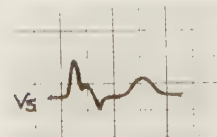
#### 2. Folgestadium:



### 3.1.7. Linksschenkelblock unter Belastung (Gruppe 7)

Schließlich wurde das Auftreten eines Linksschenkelblockbildes unter Belastung als fragliches Kriterium einer pathologischen Belastungsreaktion herangezogen.

#### 1. Linksschenkelblock:



### 3.2. Koronarangiographie

Als pathologisch im Sinne einer Koronaren Herzkrankheit galt eine angiographisch nachgewiesene Stenose von  $> 50\%$  (2,7,11,16,17,21) an wenigstens einem großen Gefäß (Ramus interventricularis anterior, Ramus circumflexus, rechte Koronararterie).

Weiterhin unterschieden wir im Schweregrad der Stenose eine angiographisch sichtbare Lumeneinengung von  $> 50\% \leq 75\%$  (Grad II nach DE BAKEY),  $> 75\%$  bis subtotal (Grad III) und Gefäßverschluß (Grad IV).

Ausmaß und Schwere der koronarsklerotischen Veränderungen wurden aufgeteilt in 1-, 2- und 3-Gefäßerkrankungen mit den Stenosegraden II, III und IV. (Siehe hierzu auch 2,3,7,17,20,21).

Bei 1-Gefäßerkrankungen unterschieden wir den Befall des Ramus interventricularis anterior, des Ramus circumflexus und der rechten Koronararterie, bei 2-Gefäßerkrankungen den kombinierten Befall von Ramus interventricularis anterior und Ramus circumflexus, Ramus interventricularis anterior und rechter Koronararterie sowie Ramus circumflexus und rechter Koronararterie. Bei 3-Gefäßerkrankungen schließlich mußten alle drei oben genannten Gefäße betroffen sein.

### 3.3. Statistik

Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe eines Chi - Quadrat - Testes für unverbundene Stichproben.

Hierbei galt eine Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p \leq 0,05$  als signifikantes, eine Irrtumswahrscheinlichkeit von  $0,05 < p \leq 0,10$  als ein in der Tendenz auffälliges Ergebnis. Bei  $p > 0,10$  galt das Ergebnis als statistisch unauffällig.

Nicht berücksichtigt wurden Gruppen mit Erwartungswerten  $\leq 3$ . Bedingt durch die geringe Anzahl von Patienten waren hiervon die Gruppen sechs und sieben betroffen, bei denen wir auf eine statistische Analyse verzichteten.

Ebenfalls ohne statistische Auswertung blieben die Untergruppen der weiblichen Patienten, so daß eventuelle Aussagen hier nur mit Vorbehalt gemacht werden konnten.

#### 4. Ergebnisse

##### 4.1. Gesamtkollektiv (n = 240)

148 (61,7 %) der Patienten hatten eine  $> 50$  %ige Stenose wenigstens eines großen Gefäßes und litten somit definitionsgemäß an einer klinisch relevanten koronaren Herzerkrankung.

Eine  $> 75$  %ige Stenose wenigstens eines großen Gefäßes hatten 133 (55,4 %) der Patienten.

Einen vollständigen Verschuß an mindestens einem großen Gefäß fanden wir bei 79 (32,9 %) Probanden des untersuchten Patientengutes.

- Abbildung 1 -



Abb. 1: Häufigkeit einer 50 %igen, 75 %igen und 99 %igen Stenose wenigstens eines Herzkranzgefäßes bei einem Kollektiv von 240 männlichen und weiblichen Patienten.

4.2. Unterschiede zwischen Männern (n = 198) und Frauen (n = 42)

137 (69,2 %) der männlichen aber nur 11 (26,2 %) der weiblichen Patienten hatten eine > 50 %ige Stenose wenigstens eines Gefäßes.

Eine > 75 %ige Stenose eines Gefäßes hatten 123 (62,1 %) der Männer und 10 (23,8 %) der Frauen.

Einen vollständigen Verschuß wenigstens eines Gefäßes wiesen immerhin noch 75 (36,9 %) aller Männer auf, gegenüber nur 4 (9,5 %) aller untersuchten Frauen.

- Abbildung 2 -

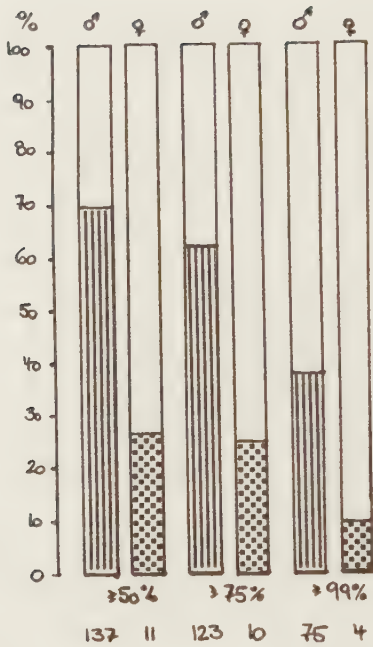


Abb. 2: Häufigkeit einer 50 %igen, 75 %igen und 99 %igen Stenose wenigstens eines Herzkranzgefäßes bei einem Kollektiv von 198 männlichen und 42 weiblichen Patienten.

4.3. Unterschiede zwischen den einzelnen Untergruppen

4.3.1. Paradoxe Belastungsreaktion (n = 23, ♂ 19, ♀ 4)

47,8 % (52,6 % der Männer und 25,0 % der Frauen) hatten eine Stenose von > 50 %.

39,1 % (42,1 % der Männer und keine Frau) hatten eine > 75 %ige Stenose.

26,1 % (31,6 % der Männer und keine Frau) hatten einen vollständigen Verschuß wenigstens eines Gefäßes.

4.3.2. Pathologische Belastungsreaktion bei pathologischem Ruhe-EKG (n = 85, ♂ 65, ♀ 20)

62,4 % (75,4 % der Männer und 20,0 % der Frauen) hatten eine Stenose von > 50 %.

58,8 % (70,8 % der Männer und 20,0 % der Frauen) hatten eine > 75 %ige Stenose.

32,9 % (40,0 % der Männer und 10,0 % der Frauen) hatten einen vollständigen Verschuß wenigstens eines Gefäßes.

4.3.3. Pathologische Spätreaktion (n = 40, ♂ 36, ♀ 4)

47,5 % ( 50,0 % der Männer und 25,0 % der Frauen) hatten eine Stenose von > 50 %.

40,0 % ( 41,6 % der Männer und 25,0 % der Frauen) hatten eine > 75 %ige Stenose.

20,0 % ( 22,2 % der Männer und keine Frau) hatten einen vollständigen Verschuß wenigstens eines Gefäßes.

4.3.4. Pathologisch ascendierende ST-Senkung  
(n = 16, ♂ 15, ♀ 1)

81,3 % (80,0 % der Männer und eine Frau) hatten eine Stenose von > 50 %.

75,0 % (73,3 % der Männer und eine Frau) hatten eine > 75 %ige Stenose.

56,3 % (53,3 % der Männer und eine Frau) hatten einen vollständigen Verschuß wenigstens eines Gefäßes.

Die einzige Frau in dieser Gruppe hatte einen totalen Verschuß eines Gefäßes.

4.3.5. Pathologische Belastungsreaktion bei normalem Ruhe-EKG (n = 69, ♂ 59, ♀ 10)

72,5 % (81,4 % der Männer und 20,0 % der Frauen) hatten eine Stenose von > 50 %.

66,7 % (74,6 % der Männer und 20,0 % der Frauen) hatten eine > 75 %ige Stenose.

39,1 % (45,8 % der Männer und keine Frau) hatten einen vollständigen Verschuß wenigstens eines Gefäßes.

(Siehe hierzu auch 4.3.1.1. - 4.3.1.6.)

- Abbildungen 3a - 3f -

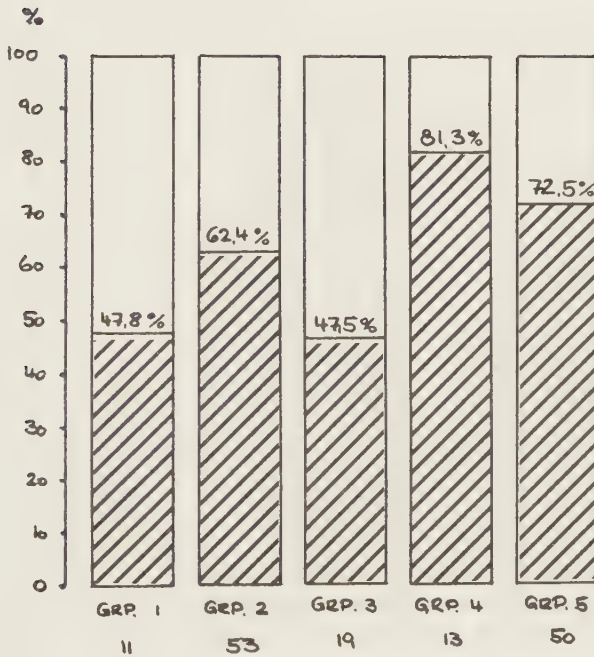


Abb. 3a: Häufigkeit einer > 50 %igen Stenose wenigstens eines Herzkranzgefäßes in Abhängigkeit von verschiedenen EKG-Kriterien. (Siehe hierzu auch 4.3.1.1.).

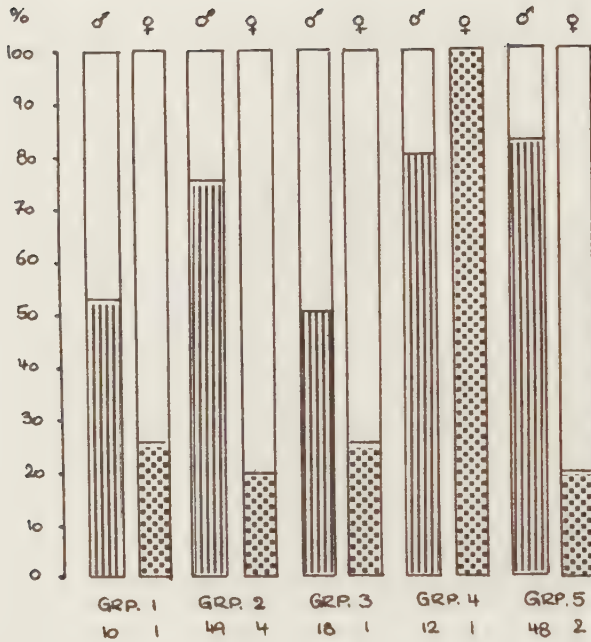


Abb. 3b; Häufigkeit einer  $\geq 50\%$ igen Stenose wenigstens eines Herzkranzgefäßes in Abhängigkeit von verschiedenen EKG-Kriterien bei 194 männlichen und 39 weiblichen Patienten. (Siehe hierzu auch 4.3.1.2.).

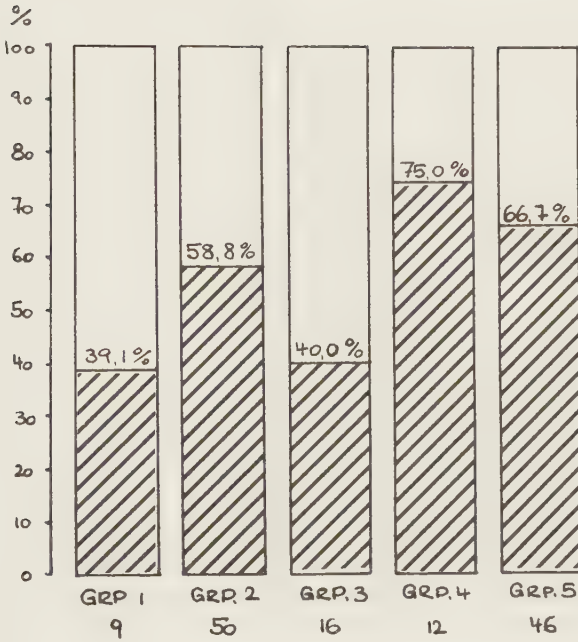


Abb. 3c: Häufigkeit einer  $\geq 75\%$ igen Stenose wenigstens eines Herzkranzgefäßes in Abhängigkeit von verschiedenen EKG-Kriterien. (Siehe hierzu auch 4.3.1.3.).

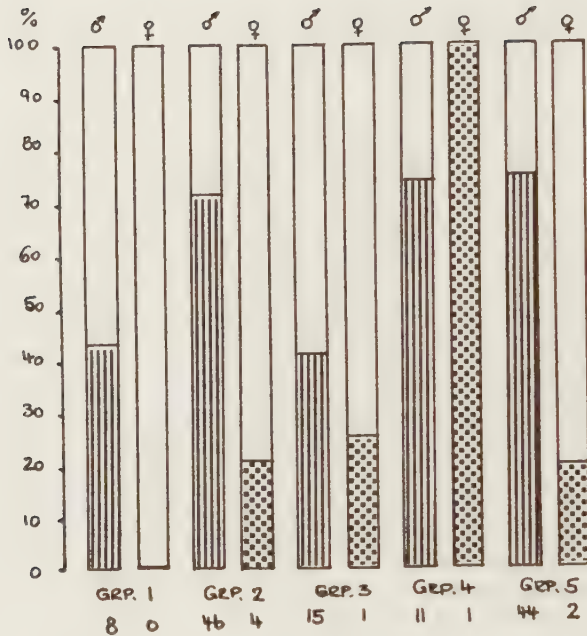


Abb. 3d: Häufigkeit einer > 75 %igen Stenose wenigstens eines Herzkranzgefäßes in Abhängigkeit von verschiedenen EKG-Kriterien bei 194 männlichen und 39 weiblichen Patienten. (Siehe hierzu auch 4.3.1.4.).

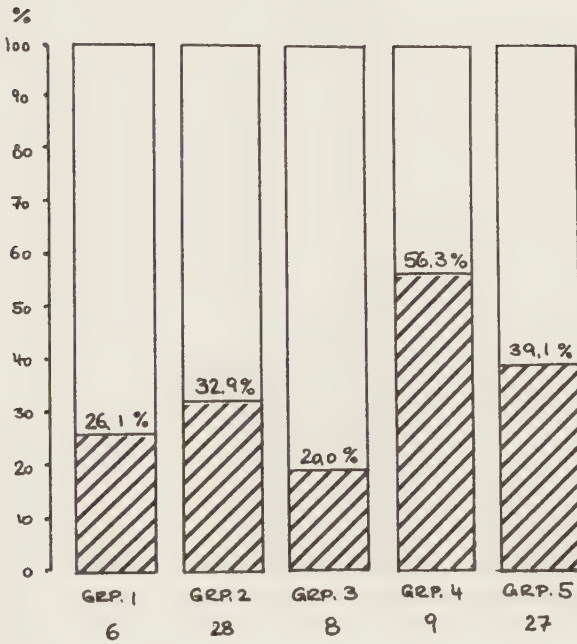


Abb. 3e: Häufigkeit einer  $\geq 99$  %igen Stenose wenigstens eines Herzkranzgefäßes in Abhängigkeit von verschiedenen EKG-Kriterien. (Siehe hierzu auch 4.3.1.5.).

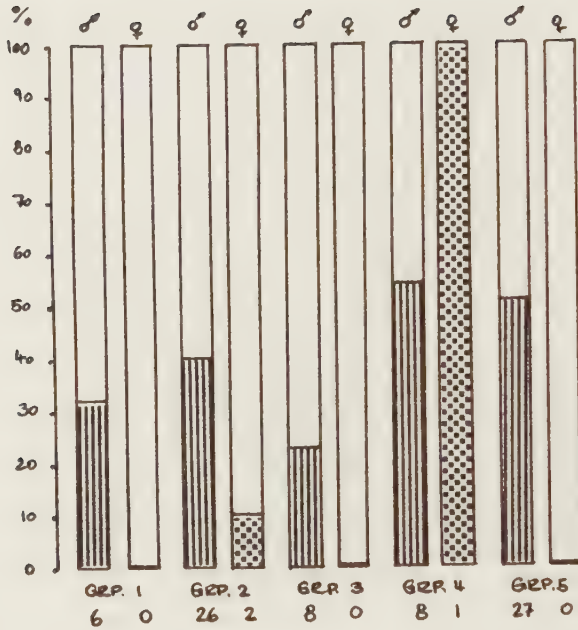
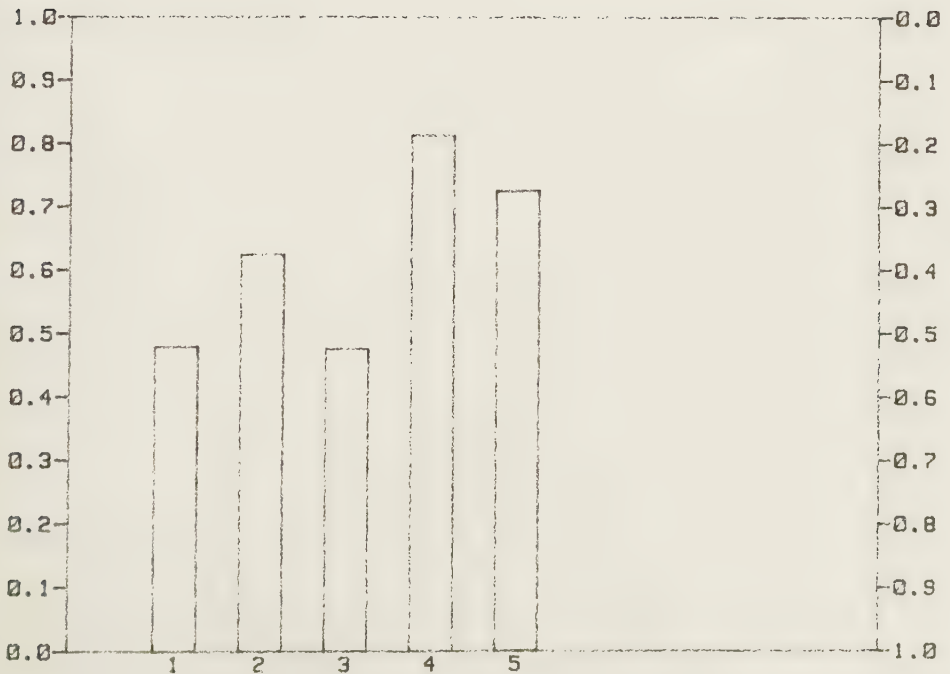


Abb. 3f: Häufigkeit einer  $> 99$  %igen Stenose wenigstens eines Herzkranzgefäßes in Abhängigkeit von verschiedenen EKG-Kriterien bei 194 männlichen und 39 weiblichen Patienten. (Siehe hierzu auch 4.3.1.6.).

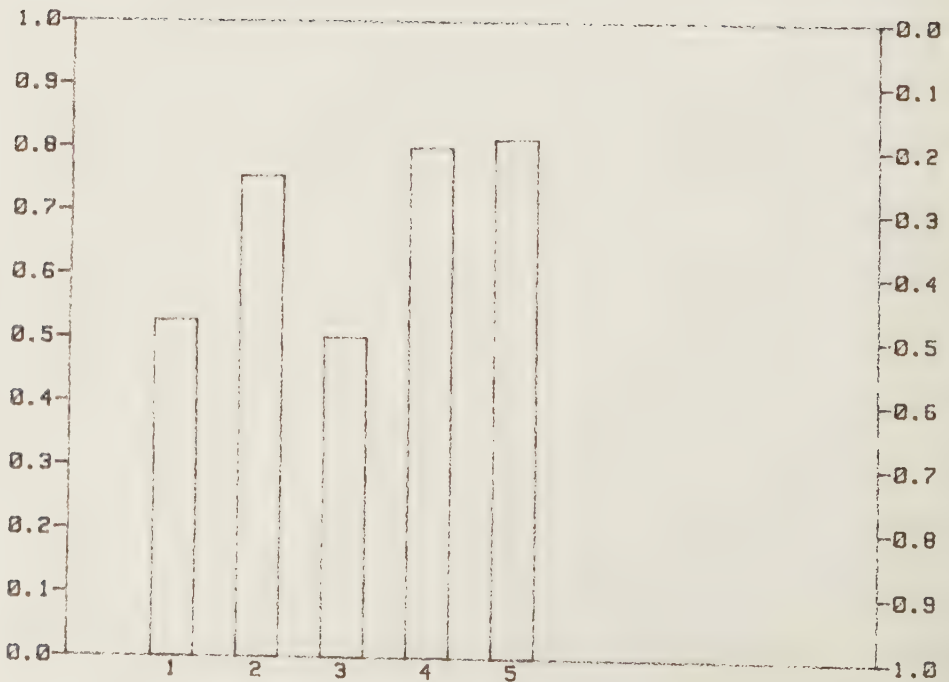
4.3.1.1. Statistik zu 4.3.; hier: > 50 %ige Stenose,  
Gesamtkollektiv

Freiheitsgrade            4  
  
Chi-Quadrat              11,2935  
  
Prob. Chi-Quadrat        0,0235



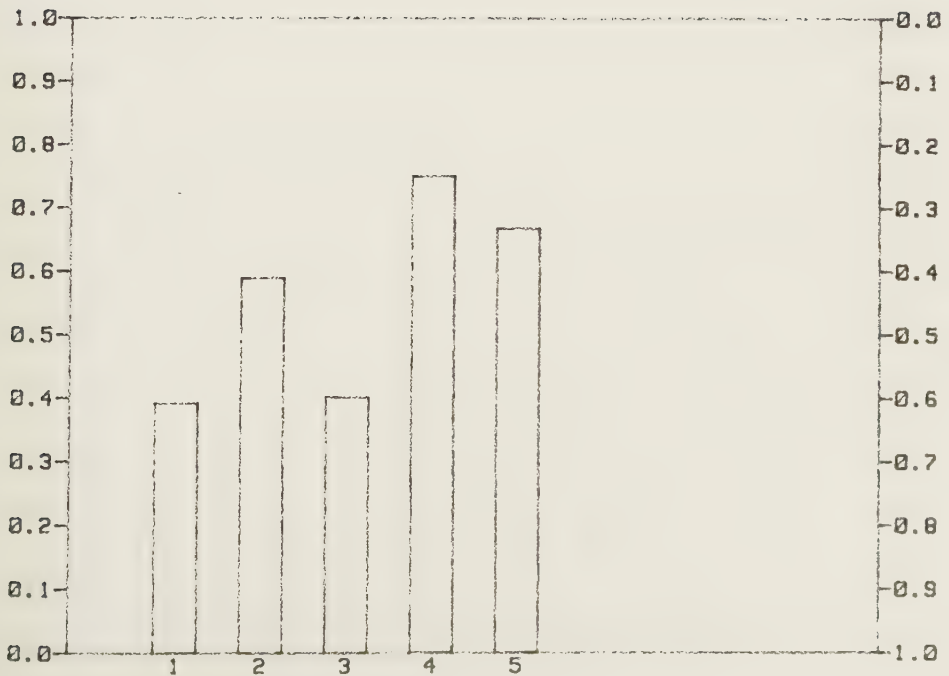
4.3.1.2. Statistik zu 4.3.; hier: > 50 %ige Stenose,  
männliche Patienten

|                   |         |
|-------------------|---------|
| Freiheitsgrade    | 4       |
| Chi-Quadrat       | 14,9650 |
| Prob. Chi-Quadrat | 0,0048  |



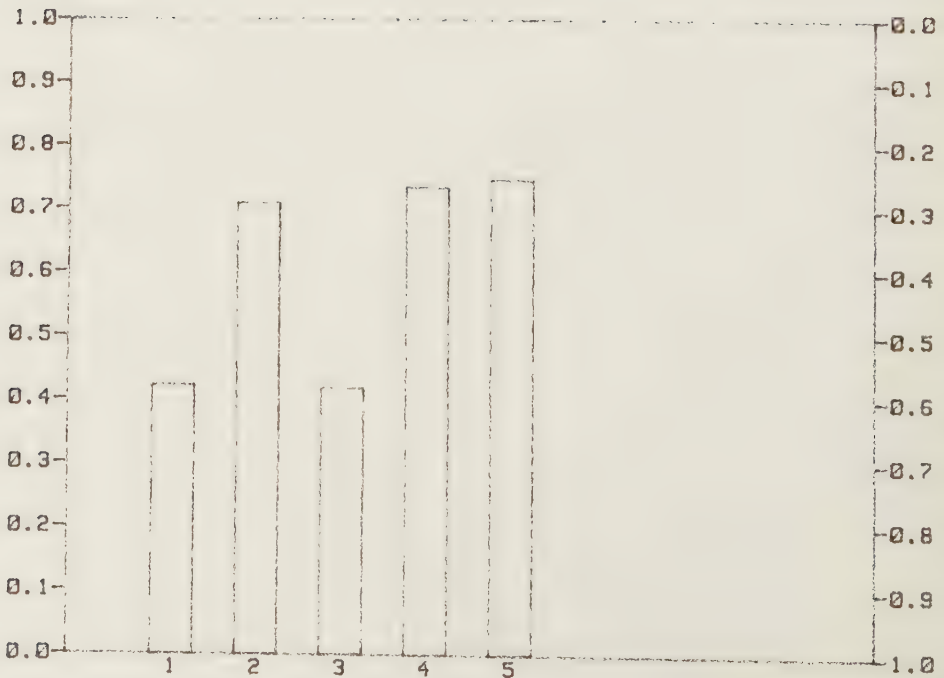
4.3.1.3. Statistik zu 4.3.; hier: > 75 %ige Stenose,  
Gesamtkollektiv

Freiheitsgrade            4  
Chi-Quadrat            12,5792  
Prob. Chi-Quadrat    0,0135



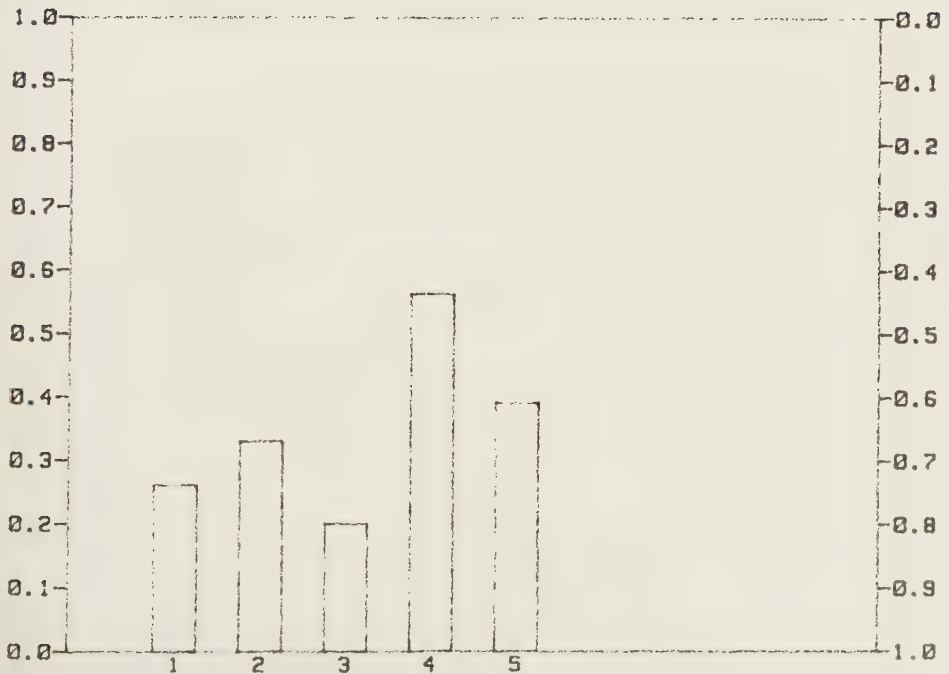
4.3.1.4. Statistik zu 4.3.; hier: > 75 %ige Stenose,  
männliche Patienten

|                   |         |
|-------------------|---------|
| Freiheitsgrade    | 4       |
| Chi-Quadrat       | 16,4539 |
| Prob. Chi-Quadrat | 0,0025  |



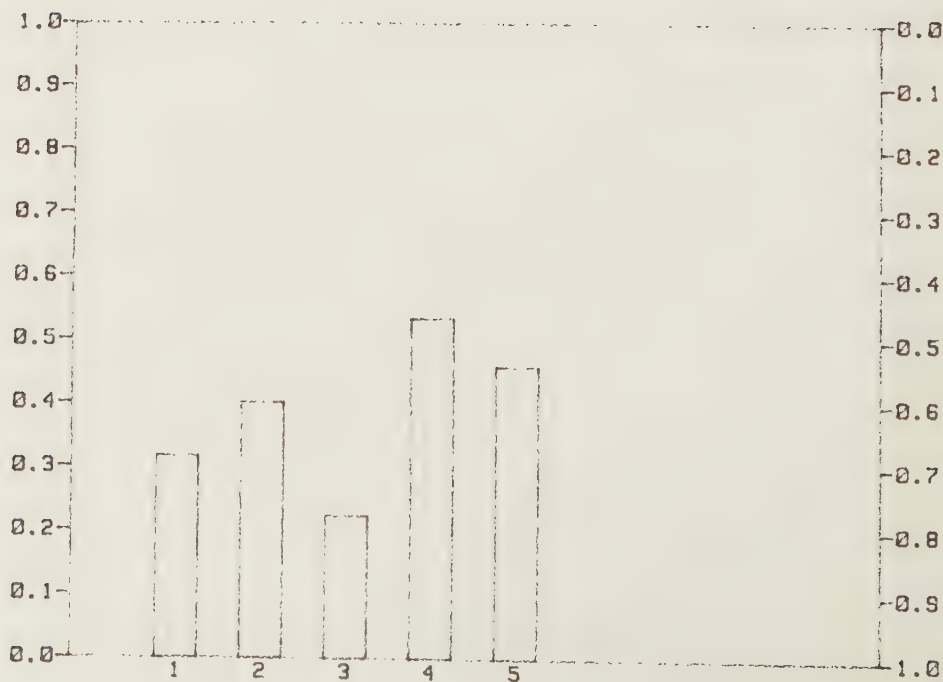
4.3.1.5. Statistik zu 4.3.; hier: > 99 %ige Stenose,  
Gesamtkollektiv

Freiheitsgrade            4  
Chi-Quadrat              8,5537  
Prob. Chi-Quadrat        0,0733



4.3.1.6. Statistik zu 4.3.; hier: > 99 %ige Stenose,  
männliche Patienten

|                   |        |
|-------------------|--------|
| Freiheitsgrade    | 4      |
| Chi-Quadrat       | 7,1699 |
| Prob. Chi-Quadrat | 0,1272 |



4.4. Unterschiede zwischen 1-, 2- und 3-Gefäß-  
erkrankungen und der Lokalisation des Be-  
falls (ohne Untergruppen 6 und 7)

4.4.1. Gesamtkollektiv (n = 233)

146 (62,7 %) der Patienten hatten eine  $\geq 50$  %ige  
Stenose. Dabei waren befallen:  
ein Gefäß in 37,7 % (Ria = 49,0 %, Rc = 25,5 %,   
RCA = 25,5 %),  
zwei Gefäße in 27,4 % (Ria/Rc = 40 %, Ria/RCA = 40 %,   
Rc/RCA = 20 %),  
drei Gefäße in 34,9 % der Fälle.

133 (57,1 %) der Patienten hatten eine  $\geq 75$  %ige  
Stenose. Dabei waren befallen:  
ein Gefäß in 45,1 % (Ria = 40,0 %, Rc = 26,7 %,   
RCA = 33,3 %),  
zwei Gefäße in 27,8 % (Ria/Rc = 43 %, Ria/RCA = 38 %,   
Rc/RCA = 19 %),  
drei Gefäße in 27,1 % der Fälle.

78 (33,5 %) der Patienten hatten einen totalen  
Verschluß. Dabei waren befallen:  
ein Gefäß in 64,1 % (Ria = 32,0 %, Rc = 22,0 %,   
RCA = 46,0 %),  
zwei Gefäße in 32,1 % (Ria/Rc = 36 %, Ria/RCA = 24 %,   
Rc/RCA = 40 %),  
drei Gefäße in 3,8 % der Fälle.

- Abbildungen 4a - 4c -

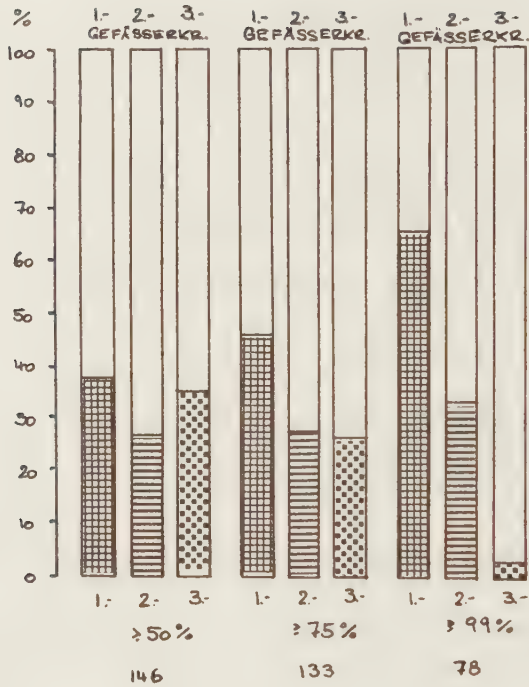


Abb. 4a: Häufigkeit von 1-, 2- und 3-Gefäßerkrankungen bei 233 Patienten mit  $\geq 50$ , 75 bzw. 99 %iger Stenose.

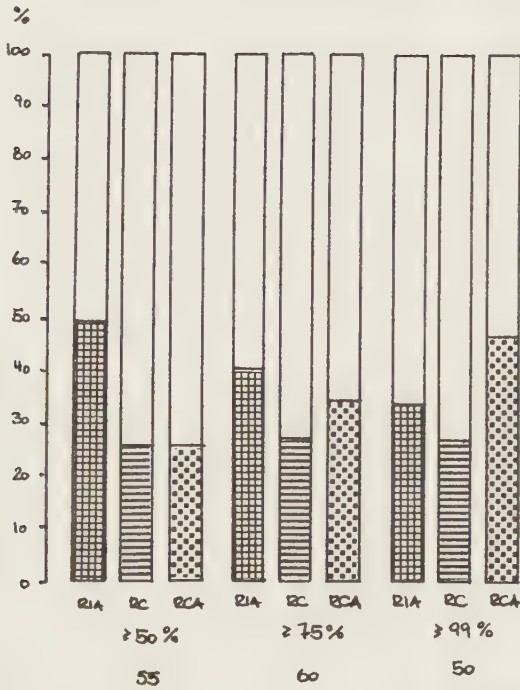


Abb. 4b: Häufigkeiten der unterschiedlichen Lokalisation von 1-Gefäßerkrankungen bei 165 Patienten mit  $> 50$ ,  $75$  bzw.  $99$  %iger Stenose.  
(Ria = Ramus interv. ant., Rc = Ramus circumflexus, RCA = Rechte Koronararterie)

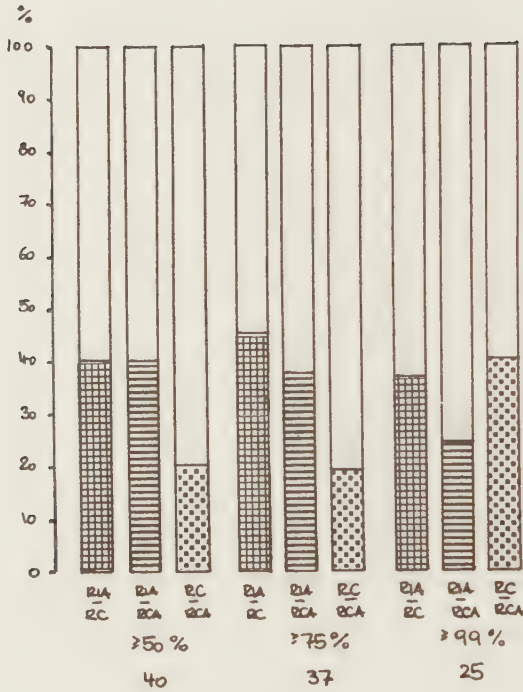


Abb. 4c: Häufigkeiten der unterschiedlichen Lokalisation von 2-Gefäßerkrankungen bei 102 Patienten mit ≥ 50, 75 bzw. 99 %iger Stenose.

(Ria = Ramus interv. ant., Rc = Ramus circumflexus, RCA = Rechte Koronararterie)

#### 4.4.2. Paradoxe Belastungsreaktion (n = 23)

11 (47,8 %) der Patienten hatten eine > 50 %ige Stenose. Dabei waren befallen:  
ein Gefäß in 27,3 %, zwei Gefäße in 27,3 % und drei Gefäße in 45,4 %.

9 (39,1 %) der Patienten hatten eine > 75 %ige Stenose. Dabei waren befallen:  
ein Gefäß in 44,4 %, zwei Gefäße in 33,3 % und drei Gefäße in 22,3 %.

6 (26,1 %) der Patienten hatten einen totalen Verschuß. Dabei waren befallen:  
ein Gefäß in 66,7 %, zwei Gefäße in 0,0 % und drei Gefäße in 33,3 %.

#### 4.4.3. Pathologische Belastungsreaktion bei pathologischem Ruhe-EKG (n = 85)

53 (62,4 %) der Patienten hatten eine > 50 %ige Stenose. Dabei waren befallen:  
ein Gefäß in 39,6 %, zwei Gefäße in 28,3 % und drei Gefäße in 32,1 %.

50 (58,8 %) der Patienten hatten eine > 75 %ige Stenose. Dabei waren befallen:  
ein Gefäß in 50,0 %, zwei Gefäße in 26,0 % und drei Gefäße in 24,0 %.

28 (32,9 %) der Patienten hatten einen totalen Verschuß. Dabei waren befallen:  
ein Gefäß in 57,0 %, zwei Gefäße in 39,3 % und drei Gefäße in 3,7 %.

4.4.4. Pathologische Spätreaktion (n = 40)

19 (47,5 %) der Patienten hatten eine > 50 %ige Stenose. Dabei waren befallen:  
ein Gefäß in 47,4 %, zwei Gefäße in 36,8 % und drei Gefäße in 15,8 %.

16 (40,0 %) der Patienten hatten eine > 75 %ige Stenose. Dabei waren befallen:  
ein Gefäß in 43,8 %, zwei Gefäße in 37,5 % und drei Gefäße in 18,7 %.

8 (20,0 %) der Patienten hatten einen totalen Verschuß. Dabei waren befallen:  
ein Gefäß in 62,5 %, zwei Gefäße in 37,5 % und drei Gefäße in 0,0 %.

4.4.5. Pathologisch ascendierende ST-Senkung  
(n = 16)

13 (81,3 %) der Patienten hatten eine > 50 %ige Stenose. Dabei waren befallen:  
ein Gefäß in 30,8 %, zwei Gefäße in 46,2 % und drei Gefäße in 23,0 %.

12 (75,0 %) der Patienten hatten eine > 75 %ige Stenose. Dabei waren befallen:  
ein Gefäß in 58,3 %, zwei Gefäße in 25,0 % und drei Gefäße in 16,7 %.

9 (56,3 %) der Patienten hatten einen totalen Verschuß. Dabei waren befallen:  
ein Gefäß in 77,8 %, zwei Gefäße in 22,2 % und drei Gefäße in 0,0 %.

4.4.6. Pathologische Belastungsreaktion bei  
normalem Ruhe-EKG (n = 69)

50 (72,5 %) der Patienten hatten eine > 50 %ige  
Stenose. Dabei waren befallen:  
ein Gefäß in 36,0 %, zwei Gefäße in 18,0 % und  
drei Gefäße in 46,0 %.

46 (46,7 %) der Patienten hatten eine > 75 %ige  
Stenose. Dabei waren befallen:  
ein Gefäß in 37,0 %, zwei Gefäße in 26,0 % und  
drei Gefäße in 37,0 %.

27 (39,1 %) der Patienten hatten einen totalen  
Verschluß. Dabei waren befallen:  
ein Gefäß in 66,7 %, zwei Gefäße in 33,3 % und  
drei Gefäße in 0,0 %.

(Siehe hierzu auch 4.4.1.1. - 4.4.1.3.)

- Abbildungen 5a - 5c -

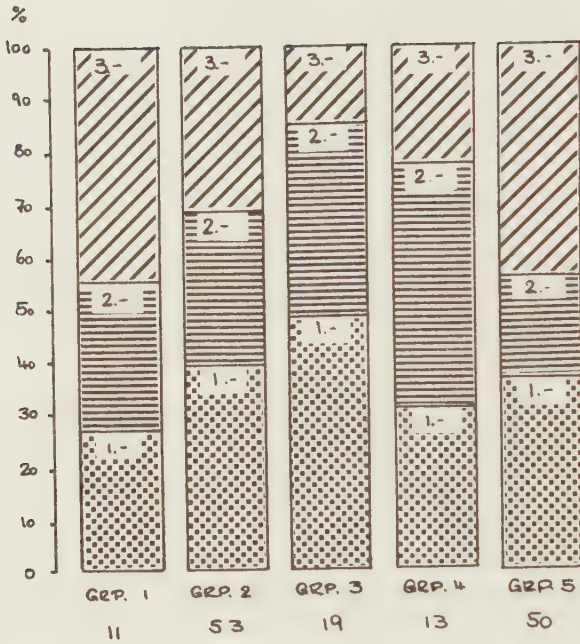


Abb. 5a: Häufigkeit von 1-, 2- und 3-Gefäßerkrankungen mit  
    > 50 %iger Stenose in Abhängigkeit von verschiede-  
    nen EKG-Kriterien. (Siehe hierzu auch 4.4.1.1.).

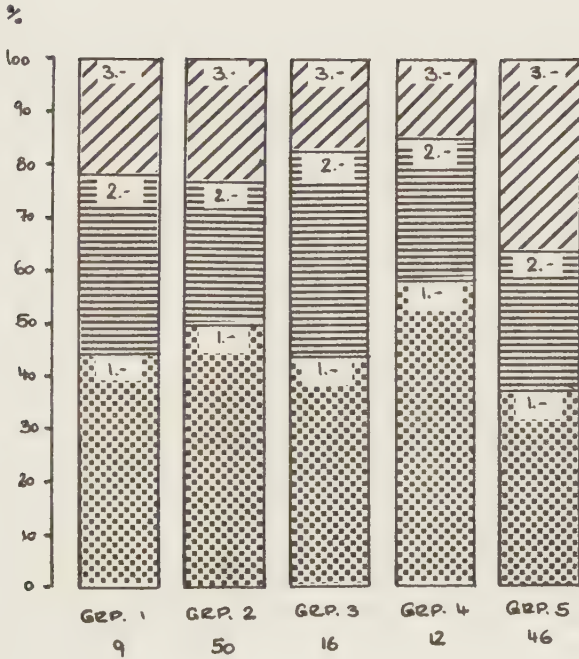


Abb. 5b: Häufigkeit von 1-, 2- und 3-Gefäßerkrankungen mit > 75 %iger Stenose in Abhängigkeit von verschiedenen EKG-Kriterien. (Siehe hierzu auch 4.4.1.2.).

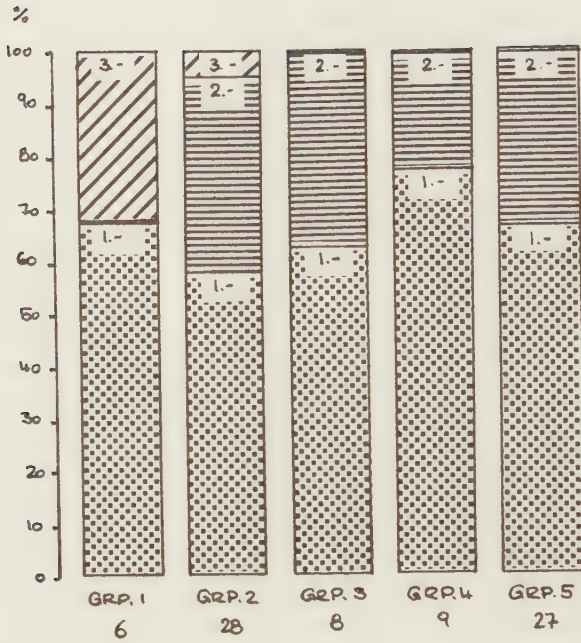


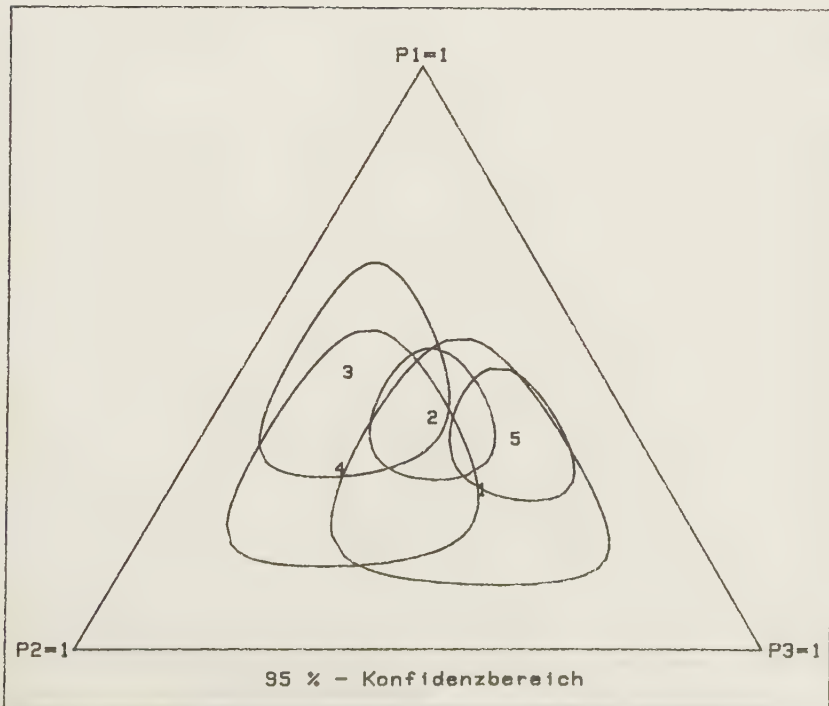
Abb. 5c: Häufigkeit von 1-, 2- und 3-Gefäßerkrankungen mit  
> 99 %iger Stenose in Abhängigkeit von verschiedenen EKG-Kriterien. (Siehe hierzu auch 4.4.1.3.).

4.4.1.1. Statistik zu 4.4.; hier: Unterschiede  
zwischen den EKG-Gruppen bei > 50 %iger  
Stenose

Freiheitsgrade 8

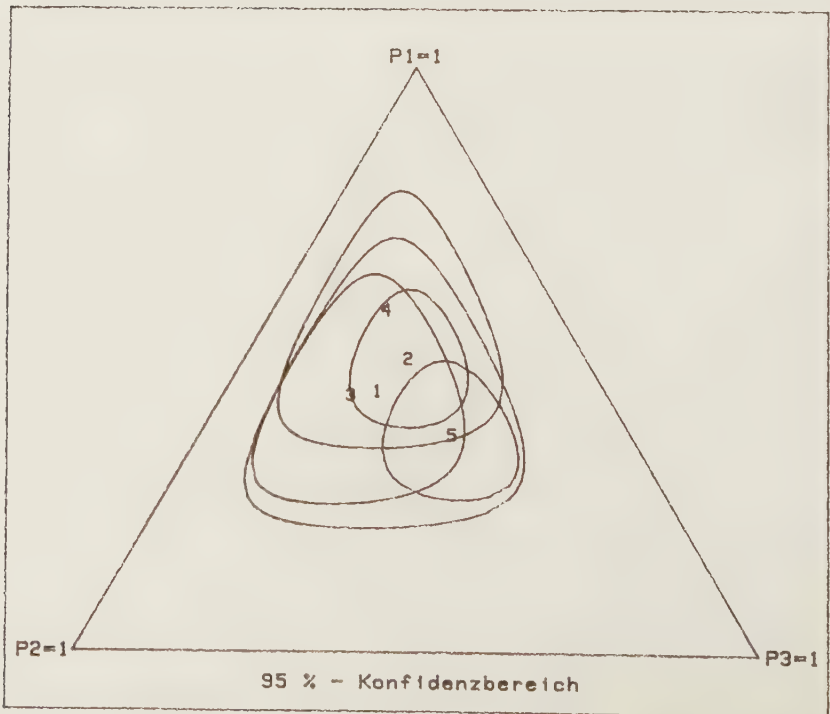
Chi-Quadrat 9,7026

Prob. Chi-Quadrat 0,2865



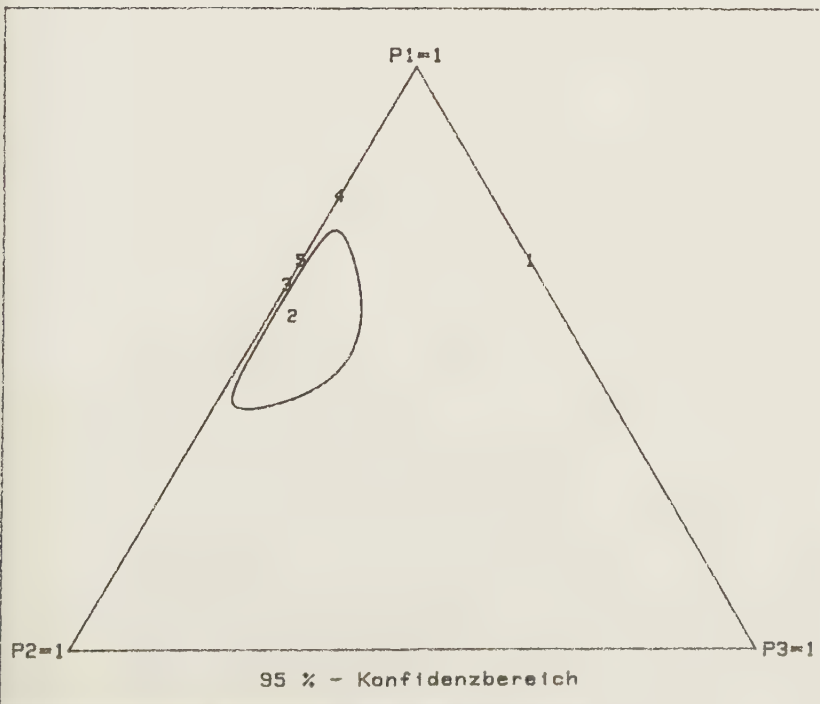
4.4.1.2. Statistik zu 4.4.; hier: Unterschiede  
zwischen den EKG-Gruppen bei  $> 75\%$ iger  
Stenose

|                    |                     |
|--------------------|---------------------|
| Freiheitsgrade     | 8                   |
| Chi-Quadrat        | 4,9985              |
| Prob. Chi-Quadrat  | 0,7577              |
| Chi-Quadrat korrr. | 2,9567 (nach YATES) |
| Prob. Chi-Quadrat  | 0,9370 (nach YATES) |



4.4.1.3. Statistik zu 4.4.; hier: Unterschiede  
zwischen den EKG-Gruppen bei  $> 99\%$ iger  
Stenose

|                    |                     |
|--------------------|---------------------|
| Freiheitsgrade     | 8                   |
| Chi-Quadrat        | 18,5126             |
| Prob. Chi-Quadrat  | 0,0177              |
| Chi-Quadrat korrr. | 9,2525 (nach YATES) |
| Prob. Chi-Quadrat  | 0,3214 (nach YATES) |



## 5. Diskussion

### 5.1. Patientengut

In der Literatur wird für Vergleichsstudien zwischen Belastungs-EKG und Koronarangiographie gefordert, daß die Indikation für beide Methoden weit gesteckt wird und nicht der sicher positive Befund einer Methode Auswahlkriterium ist. Nur dann ergeben sich vernünftige Zahlen für Sensitivität und Spezifität (6,21). Da es sich bei unserer Studie um eine retrospektive Untersuchung handelt, werden diese Bedingungen natürlich nicht erfüllt.

Zieht man jedoch das Belastungs-EKG als Standard-Methode heran, so lassen sich zwar keine Aussagen über die Spezifität, sehr wohl aber über die Sensitivität treffen, die im Vergleich mit anderen Angaben aus der Literatur ähnliche Zahlen aufweist (5,6,13,18,22).

So hatten 148 von 240 untersuchten Patienten eine > 50 %ige Stenose wenigstens eines Herzkranzgefäßes, was einer Sensitivität von 62 % entspricht.

Darüber hinaus sind unserer Meinung nach die obigen Bedingungen nie ganz zu erfüllen, da aufgrund der geringen Invasivität und des weitaus geringeren Risikos bei der Diagnostik einer koronaren Herzerkrankung die Belastungsuntersuchung Methode der ersten Wahl bleiben wird und sich die Indikation zur Koronarangiographie meist erst bei positiver Anamnese und positivem Ausfall des Belastungs-EKG stellt.

Bei der Auswahl des Patientengutes stellten wir bezüglich durchgemachter Herzinfarkte, Herzklappenfehlern und Prämedikation die anderen Autoren entsprechenden Bedingungen (1,3,9,11,17,20,21).

Außerdem durften sich die Patienten nicht nüchtern und nicht unmittelbar nach Nahrungsaufnahme der Belastungsuntersuchung unterziehen (23).

Darüber hinaus wurde bis zur altersentsprechenden maximalen Ausbelastunsherzfrequenz belastet, da die Treffsicherheit des Belastungs-EKG's mit dem Grad der Ausbelastung ansteigt. Bei Auftreten von schwerer Angina pectoris wurde die Untersuchung vorzeitig beendet (15,16,17).

## 5.2. Ergebnisse

Wie in anderen Untersuchungen bestätigt sich auch in unserer Analyse, daß Frauen in einem wesentlich höheren Prozentsatz falsch positive Ergebnisse aufweisen als männliche Patienten.

So fanden wir von 42 untersuchten Frauen nur bei 11 eine signifikante Stenose, was einer Sensitivität von 26,2 % entspricht.

Die Gründe hierfür werden in der Literatur häufig diskutiert, sind jedoch wohl letztlich noch nicht ausreichend bekannt (21,24,25).

Bei Ausschluß der weiblichen Patienten erhöht sich die Sensitivität für das Kollektiv der Männer auf fast 70 %.

Betrachtet man nun die Ergebnisse der einzelnen Untergruppen, so findet sich die höchste Sensitivität mit 81 % in der Gruppe pathologisch ascendierender ST-Senkungen, die niedrigste mit jeweils 47 % in den Gruppen paradoxe Belastungsreaktionen bzw. pathologische Spätreaktionen. Auch hier konnte die Diskrepanz zwischen männlichen und weiblichen Patienten bestätigt werden. Für die Untergruppe pathologischer Belastungsreaktionen bei normalem Ruhe-EKG ergibt sich bei einer Sensitivität von 72 % bzw. 81 % für die Gruppe der Männer ebenfalls eine gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Autoren, die eine horizontale oder descendierende ST-Senkung als alleiniges Ischämie-Kriterium heranziehen (1,3,11,15,16,20,23,24).

Festzuhalten bleibt die Tatsache, daß auch bei EKG-Veränderungen, die nicht den üblichen Ischämie-Kriterien entsprechen, der Prozentsatz von positiven Befunden im Koronarangiogramm immer noch sehr hoch, zum Teil höher als in der Gruppe pathologischer Belastungsreaktionen bei normalem Ruhe-EKG ist.

So hatten jeweils fast die Hälfte der Patienten aus den Gruppen paradoxer Belastungsreaktionen bzw. pathologischer Spätreaktionen, annähernd 2/3 der Patienten mit schon pathologischem Ruhe-EKG und, wie oben schon erwähnt, mehr als 80 % aus der Gruppe mit pathologisch ascendierender ST-Senkung einen positiven Befund im Koronarangiogramm.

Dieses mit  $p \leq 0,05$  signifikante Ergebnis sollte unserer Meinung nach bei der Indikationsstellung zur Koronarangiographie berücksichtigt werden.

Mit zunehmendem Stenosegrad verschiebt sich das Verhältnis von 1-, 2- und 3-Gefäßerkrankungen zugunsten der 1-Gefäßerkrankungen, ein Sachverhalt, der zu erwarten war und auch in anderen Untersuchungen bestätigt wird.

Im Hinblick auf die Lokalisation der wirksamen Stenose ist auffällig, daß bei 1-Gefäßerkrankungen mit  $> 50\%$ iger Stenose der Befall des Ramus interventricularis anterior überwiegt, mit zunehmendem Schweregrad der Stenose die rechte Koronararterie jedoch häufiger betroffen zu sein scheint.

Ein ähnliches, jedoch nicht ganz so deutliches Verhältnis läßt sich bei 2-Gefäßerkrankungen und der Betrachtung des kombinierten Befalls von R. interventricularis anterior und R. circumflexus, R. interventricularis anterior und rechter Koronararterie sowie des R. circumflexus und der rechten Koronararterie feststellen. Diese Auffälligkeiten ließen sich jedoch nicht statistisch absichern.

Am häufigsten scheinen 3-Gefäßerkrankungen mit  $50\%$ iger Stenose in den Gruppen paradoxer Belastungsreaktionen und pathologischer Belastungsreaktionen bei normalem Ruhe-EKG zu sein, während sich für 1- und 2-Gefäßerkrankungen ein eher ausgewogenes Verhältnis zwischen den einzelnen Gruppen ergibt.

Insgesamt mag es somit fragwürdig erscheinen, aus dem Belastungs-EKG eine Aussage über den zugrundeliegenden Schweregrad des Leidens "Koronare Herzerkrankung" zu treffen.

## 6. Literatur

- (1) Ascoop, C.A., Simoons, M.L. e.al.:  
Exercise test, history, and serum lipid levels in patients with chest pain and normal electrocardiogram at rest: Comparison to findings at coronary arteriography.  
American Heart Journal Vol 82, No. 5, 609-617 (1971)
- (2) Asokan, S.K., Fraser, R.C., Kolbeck, R.C., Frank:  
Variations in right and left coronary blood flow in man with and without occlusive coronary disease.  
British Heart J. 37, 604-611 (1975)
- (3) Bartel, A.G., Behar, V.S. e.al.:  
Graded Exercise Stress Test in Angiographically Documented Coronary Disease.  
Circulation Vol XLIX, 348-356 (1974)
- (4) Chaitman, B.R., Bourassa, M.G. e.al.:  
Improved Efficiency of Treadmill exercise testing Using a Multiple Lead ECG System and Basic Hemodynamic Exercise Response.  
Circulation Vol 57, No. 1, 71-79 (1978)
- (5) Erikssen, J., Enge, I., Forfang, K., Storstein, O.:  
False positive diagnostic tests and Coronary angiographic findings in 105 presumably males.  
Circulation Vol 54, No. 3, 371-376 (1976)
- (6) Froelicher, V.F., Yanowitz, F.G. e.al.:  
The Correlation of Coronary Angiography and the Electrocardiographic Response to Maximal Treadmill Testing in 76 Asymptomatic Men.  
Circulation Vol XLVIII, 597-604 (1973)
- (7) Gould, K.L., Lipscomb, K., Hamilton, G.W.:  
Physiologic Basis for Assessing Critical Coronary Stenosis.  
The Am. J. of Cardiology Vol 33, 87-94 (1974)

(8) Judkins, M.P.:

Selective Coronary Arteriography.  
Radiology 89, 815-824 (1967)

(9) Kaltenbach, M.:

Der Aussagewert von Belastungsprüfungen.  
Internist 16, 152-159 (1975)

(10) Kaltenbach, M., Spahn, F.:

Koronarographische Nomenklatur und Typologie  
der Koronararterien des Menschen.  
Z. Kardiol. 64, 193-202 (1975)

(11) Kaltenbach, M., Martin, K.L., Hopf, R.:

Treffsicherheit von Belastungsuntersuchungen  
zur Erkennung von Koronarstenosen.  
Dtsch. med. Wschr. 101, 1907-1911 (1976)

(12) Kaltenbach, M., Winter, E.:

Zur Unterscheidung ischämie- und glykosidbeding-  
ter Kammerendteilveränderungen im Belastungs-EKG.  
Herz/Kreisl. 8, Nr. 12, 673-676 (1976)

(13) Kansal, S., Roitman, D., Sheffield, L.T.:

Stress testing with ST-segment depression at  
rest - an angiographic correlation.  
Circulation 54, 636- (1976)

(14) Kawai, C., Hultgren, H.N.:

The effect of digitalis upon the  
exercise electrocardiogram.  
Am. Heart J. Vol 68, No. 3, 409-420 (1964)

(15) Krelhaus, W., Loogen, F., Sawowa, A. e.al.:

Die Wertigkeit des submaximalen Belastungs-EKG  
im Vergleich zur Koronarangiographie.  
Verh. Dtsch. Ges. Kreislaufforsch. 41, 190-192 (1975)

(16) Linhart, J.W., Laws, J.G., Satinsky, J.D.:  
Maximum Treadmill Exercise Electrocardiography  
in Female Patients.  
Circulation Vol 50, 1173-1178 (1974)

(17) Martin, C.M., McConahay, D.R.:  
Maximal Treadmill Exercise Electrocardiography.  
Circulation Vol XLVI, 956-962 (1972)

(18) Niederer, W., Schebelle, K. e.al.:  
Aussagekraft des Belastungs-EKG im Vergleich  
mit der Koronarangiographie.  
Münch. med. Wschr. 117, Nr. 17, 721-724 (1975)

(19) Rentrop, P., Friedrich, B., Roskamm, H.:  
Ergometrische Befunde bei Koronarkranken in Abhängig-  
keit von Ausdehnung und Lokalisation des Gefäßbefalls.  
Med. Klin. 70, Nr. 48, 1955-1961 (1975)

(20) Roskamm, H., Samek, L.:  
Die Beziehungen zwischen Koronarangiogramm  
und Belastungs-EKG.  
Dtsch. med. Wschr. 100, 2538-2542 (1975)

(21) Roskamm, H., Samek, L. e.al.:  
Die Beziehungen zwischen den Befunden der  
Koronarangiographie und des Belastungs-EKG  
bei Patienten ohne transmuralen Myokardinfarkt.  
Z. Kardiologie. 66, 273-280 (1977)

(22) Samek, L. e.al.:  
Belastungsprüfungen und Koronarangiogramm  
im chronischen Infarktstadium.  
Z. Kardiologie. 64, 809- (1975)

(23) Sheffield, L.T., Holt, J.H., Reeves, T.J.:  
Exercise Graded by Heart Rate in Electro-  
cardiographic Testing for Angina Pectoris.  
Circulation Vol XXXII, 622-629 (1965)

- (24) Sketch, M.H., Mohiuddin, S.M. e.al.:  
Significant Sex Differences in the Correlation  
of Electrocardiographic Exercise Testing and  
Coronary Arteriogram.  
The Am. J. of Cardiology Vol 36, 169-173 (1975)
- (25) Waxler, E.B., Kimbiris, D., Dreifus, L.S.:  
The Fate of Women with Normal Coronary Arterio-  
grams and Chest Pain Resembling Angina Pectoris.  
The Am. J. of Cardiology Vol 28, 25-32 (1971)

## Zusammenfassung

An 240 in der Stiftsklinik Augustinum zu München angiographierten Patienten wurde untersucht, inwieweit durch differenziertere Auswertung des Belastungs-EKG's die Indikationsstellung zur Koronarangiographie erleichtert und darüber hinaus eine Aussage über den zugrundeliegenden Schweregrad der wirksamen Stenose getroffen werden kann.

Hierzu wurden die folgenden, im Text näher erläuterten EKG-Kriterien herangezogen: Paradoxe Belastungsreaktion, Pathologische Belastungsreaktion bei pathologischem Ruhe-EKG, Pathologische Spätreaktion, Pathologisch ascendierende ST-Senkung, Pathologische Belastungsreaktion bei normalem Ruhe-EKG, Außenschichtschaden und schließlich Linksschenkelblock unter Belastung. Als pathologisch im Sinne einer koronaren Herzerkrankung galt eine angiographisch nachgewiesene Stenose von größer 50 % an wenigstens einem großen Gefäß.

Es konnte auch in unserer Untersuchung bezüglich der Sensitivität des Belastungs-EKG's eine deutliche Differenz zwischen männlichen und weiblichen Patienten festgestellt werden. So fanden wir für alle untersuchten Frauen eine Sensitivität von 26 %, während für das Kollektiv der Männer eine Sensitivität von fast 70 % errechnet werden konnte.

Die einzelnen EKG-Gruppen (s.o.) konnten bezüglich der Sensitivität ebenfalls deutlich unterschieden werden. Die höchste Sensitivität mit mehr als 80 % fand sich dabei in der Gruppe pathologisch ascendierender ST-Senkungen, einer Belastungsreaktion, die nicht den üblichen Ischämie-Kriterien entspricht und die um immerhin 10 Prozentpunkte über der Sensitivität für die Gruppe pathologischer Belastungsreaktionen bei normalem Ruhe-EKG lag.

Die übrigen EKG-Gruppen wiesen mit zweimal 50 % bzw. einmal 60 % einen immer noch sehr hohen Prozentsatz von positiven Befunden im Koronarangiogramm auf. Dies könnte die Indikationsstellung zur Koronarangiographie in manchen Fällen erleichtern.

Bezüglich der Anzahl der betroffenen Gefäße konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen EKG-Gruppen festgestellt werden und es mag somit fragwürdig erscheinen, aus den Befunden des Belastungs-EKG's eine Aussage über den zugrundeliegenden Schweregrad der koronaren Herzerkrankung zu treffen.

## Lebenslauf

Ursula Schröder, geb. Maleyka, geboren am  
20. März 1957 in Miesbach

Eltern: Ilse und Manfred Maleyka

1963 - 1967 Volksschule in Miesbach

1967 - 1976 Gymnasium Miesbach

1976 Abitur

1976 Beginn des Studiums der  
Humanmedizin an der LMU  
in München

1978 Ärztliche Vorprüfung

1980 1. Abschnitt der ärztlichen  
Prüfung

1981 Heirat

1982 2. Abschnitt der ärztlichen  
Prüfung













